

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-263817

(43)Date of publication of application : 06.10.1998

(51)Int.Cl.

B23K 9/095

B23K 9/14

B23K 9/23

B23K 35/30

C22C 38/00

C22C 38/54

(21)Application number : 09-071521

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 25.03.1997

(72)Inventor : OI KENJI

KAWABATA FUMIMARU

AMANO KENICHI

**(54) MANUFACTURE OF HIGH STRENGTH WELDED JOINT HAVING EXCELLENT CRACK RESISTANCE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method capable of manufacturing the high strength welded joint sufficiently exceeding the strength required for the welded joint and having the tensile strength of  $\geq 950$  MPa without generating cracks in the deposited metal even by pre-heating in lower temperature zone than the conventional one.

**SOLUTION:** The butt multi-layer welding by a shielded metal arc welding method using the welding consumable electrode containing, by wt.,  $\geq 0.07\%$  C, 3.0–4.0% Ni, 0.030–0.050% O and 0.6–0.9% carbon equivalent in the chemical composition of the deposited metal is applied to the steel having hardness of 310–360 HV and composing of, by wt., 0.07–0.16% C,  $\leq 0.20\%$  Si, 0.60–1.20% Mn,  $\leq 0.5\%$  Cu, 1.0–3.0% Ni, 0.30–1.20% Cr, 0.30–0.80% Mo, 0.01–0.1% V, 0.005–0.03% Nb, 0.015–0.10% Al, 0.0005–0.0020% B,  $\leq 0.010\%$  P,  $\leq 0.005\%$  S,  $\leq 0.005\%$  N, and substantially the balance Fe, under the condition of  $\geq 15$  KJ/cm to  $\leq 35$  KJ/cm in inputting quantity of heat,  $\geq 75^\circ\text{C}$  to  $< 120^\circ\text{C}$  in pre-heating temperature and  $\geq 100^\circ\text{C}$  to  $\leq 250^\circ\text{C}$  in temperature between paths, whereby the joined part is formed with the deposited metal of 290–340 HV in hardness.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-263817

(43)公開日 平成10年(1998)10月6日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I
B 2 3 K 9/095	5 0 1	B 2 3 K 9/095 5 0 1 G
9/14		9/14 A
9/23		9/23 A
35/30	3 3 0	35/30 3 3 0 A
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00 3 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平9-71521	(71)出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22)出願日	平成9年(1997)3月25日	(72)発明者	大井 健次 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
		(72)発明者	川端 文丸 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
		(72)発明者	天野 虔一 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
		(74)代理人	弁理士 杉村 暁秀 (外3名)

(54)【発明の名称】 耐割れ性に優れた高強度溶接継手の作製方法

(57)【要約】

【課題】 溶接継手に必要とされる強度を十分に上回る、引張り強さが950MPa以上の高強度溶接継手を、従来対比で低い温度域の予熱によっても溶着金属に割れが発生することなしに作製し得る方法について、提案する。

【解決手段】 C: 0.07~0.16wt%, Si: 0.20wt%以下, Mn: 0.60~1.20wt%, Cu: 0.5 wt%以下, Ni: 1.0 ~3.0 wt%, Cr: 0.30~1.20wt%, Mo: 0.30 ~0.80wt%, V: 0.01~0.1 wt%, Nb: 0.005~0.03wt%, Al: 0.015 ~0.10wt%, B: 0.0005~0.0020wt%, P: 0.010wt%以下, S: 0.005 wt%以下およびN: 0.005 wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310 ~360 HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC: 0.07wt%以下, Ni: 3.0 ~4.0 wt%およびO: 0.030~ 0.050wt%を含みかつ炭素当量が0.6 ~0.9 wt%となる溶接材料を用いた、被覆アーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量: 15kJ/cm以上35kJ/cm以下、予熱温度: 75℃以上120℃未満およびバス間温度: 100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290 ~340HVの溶着金属で接合部を形成する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.07~0.16wt%, Si:0.20wt%以下, Mn:0.60~1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0~3.0 wt%, Cr:0.30~1.20wt%, Mo:0.30~0.80wt%, V:0.01~0.1 wt%, Nb:0.005~0.03wt%, Al:0.015~0.10wt%, B:0.0005~0.0020wt%, P:0.010wt%以下, S:0.005 wt%以下およびN:0.005 wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310~360 HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下, Ni:3.0~4.0 wt%およびO:0.030~0.050wt%を含みかつ下記式で定義されるCeqが0.6~0.9 wt%となる溶接材料を用いた、被覆アーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量:15kJ/cm以上35kJ/cm以下、予熱温度:75℃以上120℃未満およびバス間温度:100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290~340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法。

## 記

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

【請求項2】 C:0.07~0.16wt%, Si:0.20wt%以下, Mn:0.60~1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0~3.0 wt%, Cr:0.30~1.20wt%, Mo:0.30~0.80wt%, V:0.01~0.1 wt%, Nb:0.005~0.03wt%, Al:0.015~0.10wt%, B:0.0005~0.0020wt%, P:0.010wt%以下, S:0.005 wt%以下およびN:0.005 wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310~360 HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下, Ni:3.0~4.0 wt%およびO:0.020~0.040wt%を含みかつ下記式で定義されるCeqが0.8~1.2 wt%となる溶接材料を用いた、ミグ溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量:15kJ/cm以上30kJ/cm以下、予熱温度:75℃以上120℃未満およびバス間温度:100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290~340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法。

## 記

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

【請求項3】 C:0.07~0.16wt%, Si:0.20wt%以下, Mn:0.60~1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0~3.0 wt%, Cr:0.30~1.20wt%, Mo:0.30~0.80wt%, V:0.01~0.1 wt%, Nb:0.005~0.03wt%, Al:0.015~0.10wt%, B:0.0005~0.0020wt%, P:0.010wt%以下, S:0.005 wt%以下およびN:0.005 wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310~360 HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下, Ni:3.0~4.0 wt%およびO:0.015~0.035wt%を含みかつ下記式で定義されるCeqが0.9~1.2 wt%となる溶接材料を用いた、サブマージアーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量:25kJ/cm以上55kJ/cm以下、予熱温

度:75℃以上120℃未満およびバス間温度:150℃以上300℃以下の条件にて施し、硬さが290~340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法。

## 記

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

【請求項4】 請求項1、2および3において、予熱温度が75℃以上100℃以下である溶接継手の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、耐割れ性に優れた高強度溶接継手の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、揚水発電所を初めとして、圧力容器、橋梁または海洋構造物などの溶接構造物において大型化がより一層促進されている。一方、構造物の大型化に伴う重量の増加に対しては、構造物として高張力鋼板を使用して、その軽量化が図られている。すなわち、高張力鋼板を使用することによって構造物の軽量化が実現する上、軽量化による運搬効率の向上、さらには各構造物の薄肉化による溶接施工性の向上等の効果も得られる。

【0003】しかし、この種の高張力鋼板は、所定の強度および靱性を得るのに多くの合金成分が含有されているため、溶接性は不十分である。とくに980MPa級になると溶接性の低下が顕著であり、溶接に先立って120℃以上の予熱を行って溶着金属の割れを防止することが不可欠である。この予熱温度が比較的高温になるところから、溶接施工コストの増加をまねくことが問題になっている。

【0004】ここに、溶着金属の耐割れ性を改善させるには、低強度の溶接材料を用いて溶接を行うことが有効であるが、この場合、溶接継手部が軟質になるため、継手の板幅方向長さを板厚の5倍以上にしなければ、継手に必要とする強度を確保できないことが知られている。従って、板幅方向長さが板厚の5倍未満の継手では、例えば950MPa級の鋼板を溶接した場合に、その継手部に要求される、950MPa以上の強度は得られないことになり、実際的手法ではない。なお、継手強度が満足されるように、鋼材強度より溶着金属強度を高くするために、溶着金属を高合金組成にしたり、溶接条件（入熱およびバス間温度）を制限する、施工方法を用いた場合にも、溶着金属の割れ防止のために、120℃以上の予熱が必要になり、溶接施工コストの上昇が問題となる。

【0005】いずれにしても、高強度の溶接継手を、溶着金属に割れが発生しないように作製するには、120℃以上の高温予熱を行うことが必須であり、コストの増加は避けることができなかった。そこで、この発明は、溶接継手に必要とされる強度を十分に上回る、引張り強さ

が950MPa以上の高強度溶接継手を、従来対比で低い温度域の予熱によっても溶着金属に割れが発生することなしに作製し得る方法について、提案することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】発明者らは、比較的低温、すわわち120℃未満、好ましくは100℃以下の予熱工程によっても溶着金属に割れが発生することなく、高強度の溶接継手を作製する条件について鋭意研究を重ねたところ、所望の強度、さらには靱性を備えた溶接材料および母材を適切に組み合わせるとともに、溶接条件を適正化することによって、継手強度を満足し、かつ溶接部の低温割れ感受性が改善されることを見出した。すなわち、溶着金属の強度、靱性および耐割れ性は、溶着金属の硬さを所定範囲に規制することで満足され、また溶着金属が軟質であっても、該溶着金属を所定硬さの鋼材で拘束することによって、継手強度は確保されることを、新たに知見し、この発明を完成するに至った。 \*

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15 \quad (1)$$

【0008】また、この発明は、C:0.07~0.16wt%、Si:0.20wt%以下、Mn:0.60~1.20wt%、Cu:0.5wt%以下、Ni:1.0~3.0wt%、Cr:0.30~1.20wt%、Mo:0.30~0.80wt%、V:0.01~0.1wt%、Nb:0.005~0.03wt%、Al:0.015~0.10wt%、B:0.0005~0.0020wt%、P:0.010wt%以下、S:0.005wt%以下およびN:0.005wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310~360HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下、Ni:3.0~4.0wt%およびO:0.020~0.040wt%を含みかつ上記式(1)で定義されるCeqが0.8~1.2wt%となる溶接材料を用いた、ミグ溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量:15kJ/cm以上30kJ/cm以下、予熱温度:75℃以上120℃未満およびバス間温度:100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290~340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法である。

【0009】さらに、この発明は、C:0.07~0.16wt%、Si:0.20wt%以下、Mn:0.60~1.20wt%、Cu:0.5wt%以下、Ni:1.0~3.0wt%、Cr:0.30~1.20wt%、Mo:0.30~0.80wt%、V:0.01~0.1wt%、Nb:0.005~0.03wt%、Al:0.015~0.10wt%、B:0.0005~0.0020wt%、P:0.010wt%以下、S:0.005wt%以下およびN:0.005wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310~360HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下、Ni:3.0~4.0wt%およびO:0.015~0.035wt%を含みかつ上記式(1)で定義されるCeqが0.9~1.2wt%となる溶接材料を用いた、サブマージアーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量:25kJ/cm以上55kJ/cm以下、予熱温度:75℃以上120℃未満およびバス間温度:150℃以上300℃以下の条件にて施し、硬さが290~340HVの溶着金属で接合部を形成すること

\*【0007】この発明は、C:0.07~0.16wt%、Si:0.20wt%以下、Mn:0.60~1.20wt%、Cu:0.5wt%以下、Ni:1.0~3.0wt%、Cr:0.30~1.20wt%、Mo:0.30~0.80wt%、V:0.01~0.1wt%、Nb:0.005~0.03wt%、Al:0.015~0.10wt%、B:0.0005~0.0020wt%、P:0.010wt%以下、S:0.005wt%以下およびN:0.005wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310~360HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下、Ni:3.0~4.0wt%およびO:0.030~0.050wt%を含みかつ下記式(1)で定義されるCeqが0.6~0.9wt%となる溶接材料を用いた、被覆アーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量:15kJ/cm以上35kJ/cm以下、予熱温度:75℃以上120℃未満およびバス間温度:100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290~340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法である。

記

を特徴とする溶接継手の作製方法である。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、この発明を具体的に説明する。まず、この発明において、鋼材の成分組成を上記の範囲に限定した理由について説明する。

C:0.07~0.16wt%

Cは、鋼板の強度確保のために必要な元素であるが、含有量が0.07wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方0.16wt%を超えると溶接低温割れ感受性が高くなる等の問題が生じるので、C量は0.07~0.16wt%の範囲に限定した。

【0011】Si:0.20wt%以下

Siは、鋼の脱酸および強度確保のために有用な元素であるが、0.20wt%を超えて添加されると島状マルテンサイトの生成に起因して靱性とくに溶接継手部や溶接熱影響部の靱性が劣化するので、Si量は0.20wt%以下に限定した。

【0012】Mn:0.60~1.20wt%

Mnは、鋼の脱酸に寄与するだけでなく、焼入性を確保する上でも有用な元素であるが、含有量が0.60wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方1.20wt%を超えると溶接性および母材靱性の劣化を招くので、Mn量は0.60~1.20wt%の範囲に限定した。

【0013】Cu:0.5wt%以下

Cuは、靱性の劣化なしに強度を高める有用元素であるが、0.5wt%を超えて添加してもその効果は飽和に達し、むしろコストの上昇を招くので、Cu量は0.5wt%以下に限定した。

【0014】Ni:1.0~3.0wt%

Niは、焼入れ性のみならず低温靱性の改善に有効に寄与するが、含有量が1.0wt%未満では高張力鋼板として必

要な強度・靱性を付与することができず、一方3.0 wt%を超えて添加してもその効果は飽和に達し、むしろコストアップにつながるため、Ni量は1.0~3.0 wt%の範囲に限定した。

【0015】Cr: 0.30~1.20wt%

Crは、鋼の焼入性と強度を確保する上で有用な元素であるが、含有量が0.30wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方1.20wt%を超えると溶接性のみならず母材特性の劣化を招くので、Cr量は0.30~1.20wt%の範囲に限定した。

【0016】Mo: 0.30~0.80wt%

Moは、焼入性の改善に寄与するだけでなく、焼戻し軟化抵抗性を高めて強度を向上させる有用元素であるが、含有量が0.30wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方0.80wt%を超えると溶接性の著しい劣化を招くので、Mo量は0.03~0.80wt%の範囲に限定した。

【0017】V: 0.01~0.1 wt%

Vは、鋼の強度向上に有効に寄与するが、含有量が0.01 wt%に満たないとその添加効果に乏しく、一方0.1wt%を超えると母材靱性のみならず溶接性が著しく劣化するので、V量は0.01~0.1 wt%の範囲に限定した。

【0018】Nb: 0.005 ~0.03wt%

Nbは、鋼中に微細に析出し、そのピン止め効果によってオーステナイト粒の成長を抑制し、ひいてはオーステナイト粒を細粒化する有用元素であるが、含有量が0.005 wt%未満ではかような微細化効果が得られず、一方0.03 wt%を超えると溶接性が損なわれるので、Nb量は0.005 ~0.30wt%の範囲に限定した。

【0019】Al: 0.015 ~0.10wt%

Alは、脱酸剤として有用であり、そのためには少なくとも0.015wt%を必要とするが、含有量が0.10wt%を超えるとアルミナ等の脱酸生成物が増大しかえって靱性の劣化を招くので、Al量は0.015~0.10wt%の範囲に限定した。

【0020】B: 0.0005~0.0020wt%

Bは、微量の添加で焼入性を向上させ、ひいては鋼の強度・靱性を向上させる極めて有用な成分であるが、含有量が0.0005wt%未満ではその添加効果に乏しく一方0.0020wt%を超えるとその効果は飽和に達するので、B量は0.0005~0.0020wt%の範囲に限定した。

【0021】P: 0.010 wt%以下

Pは、鋼の焼戻し脆性を促進させ、靱性を劣化させるので、極力低減することが望ましいが、含有量が0.010wt%以下であれば許容できるので、P量は0.010wt%以下に限定した。

【0022】S: 0.005 wt%以下

Sは、鋼中にMnSの形態で存在すると、圧延によって展伸され、特に高強度鋼においては展伸した介在物に起因して靱性の著しい劣化を招くので、極力低減することが望ましいが、含有量が0.005wt%以下であれば許容され

る。

【0023】N: 0.005 wt%以下

固溶B量を確保して焼入性を向上させ、母材の強度および靱性を向上させるためには、N含有量は少ない方が好ましく、特にNを0.005 wt%以下にすると共にAlを0.015~0.10wt%に調整してやれば、固溶Bの焼入性向上効果によって効果的に母材の強度・靱性が向上するので、N量は0.005 wt%以下に限定した。

【0024】なお、鋼材は、調質型の高張力鋼に適用される製造方法である、直接焼き入れ焼き戻し法、再加熱焼き入れ焼き戻し法あるいは繰返し焼き入れ焼き戻し法のいずれにおいても製造可能である。すなわち、上記の成分組成範囲に従う鋼スラブの熱間圧延材を常温まで冷却したのち焼き入れ焼き戻し処理を施すに当たり、焼き入れ温度あるいは焼き戻し温度を調整して、得られる鋼材の硬さ範囲を310~360HVにすることによって、優れた強度、靱性および耐割れ性が得られる。すなわち、硬さが310HV未満の場合は強度不足となり所定の継手強度が得られない。また、360HVをこえる場合は、耐割れ性と靱性の確保が困難になるのである。

【0025】また、この発明では、溶着金属の化学組成が、被覆アーク溶接法による場合は、C: 0.07wt%以下、Ni: 3.0 ~4.0 wt%およびO: 0.020~ 0.040wt%を含みかつ上記した式(1)で定義されるCeqが0.6 ~0.9 wt%となる溶接材料、ミグ溶接法による場合は、C: 0.07wt%以下、Ni: 3.0 ~4.0 wt%およびO: 0.030~ 0.050wt%を含みかつ上記した式(1)で定義されるCeqが0.8 ~1.2 wt%となる溶接材料、そしてサブマージアーク溶接法による場合は、C: 0.07wt%以下、Ni: 3.0 ~4.0 wt%およびO: 0.015~ 0.035wt%を含みかつ上記した式(1)で定義されるCeqが0.9 ~1.2 wt%となる溶接材料、をそれぞれ用いる。次に、溶着金属の化学組成を限定した理由について説明する。

【0026】C: 0.07wt%以下

Cは、耐割れ性の観点から制限され、その含有量が0.07 wt%をこえると、溶着金属の割れを回避するために、予熱温度を120 °C以上にしなければならないため、0.07wt%以下に制限する。

【0027】Ni: 3.0 ~4.0 wt%

Niは、溶着金属の割れ性および靱性を確保するために適正量が必要であり、3.0 wt%未満では靱性の確保が困難であり、一方4.0 wt%をこえると焼入れ性が極端に良くなって割れを誘発するため、Niの添加量は3.0 ~4.0 wt%に限定した。

【0028】

O: 0.030~ 0.050wt% (被覆アーク溶接法)

O: 0.020~ 0.040wt% (ミグ溶接法)

O: 0.015~ 0.035wt% (サブマージアーク溶接法)

O量は靱性を確保するために制限する必要であり、上限をこえると所定の靱性が確保できなくなる。一方、下限

未満では、溶着金属中の酸化物が減少し、それを核とした変態の組織制御が不能になり、組織微細化による靱性の確保が困難になる。

【0029】上記した式(1)で定義される $C_{eq}$ を規制するのは、上記組成範囲を満足しながら、所定の強度および靱性を得るための焼入れ性を確保するためである。すなわち、下限未満では、十分な強度が得られず、一方、上限をこえると焼入れ性が高くなりすぎて良好な靱性が得られなくなる。

【0030】ここで、溶着金属の硬さは、290～340HVとする必要がある。なぜなら、290HV未満では、継手強度を満足することができず、340HVをこえると、溶接金属の靱性が満足されない。

【0031】次に、この発明において、溶接条件を上記の範囲に限定した理由について説明する。

予熱温度：75℃以上120℃未満

予熱温度は、溶着金属の割れを防止するのに、従来は120℃以上は必要であったが、この発明では、溶着金属の\*

入熱量：15kJ/cm以上35kJ/cm以下（被覆アーク溶接法）

15kJ/cm以上30kJ/cm以下（ミグ溶接法）

25kJ/cm以上55kJ/cm以下（サブマージアーク溶接法）

入熱量は、バス間温度と同様に作用し、すなわち入熱量が上限値をこえると、溶接後の冷却速度が遅くなって、継手強度の確保が困難になる。また、入熱量が下限値未満になると、溶接後の冷却速度が大きくなって、硬さが目標の範囲をこえるため、割れが発生したり溶着金属の靱性を確保することが困難になる。

【0034】

※

\*硬さを規定することによって120℃未満に低下することができた。とりわけ、溶接の施工コストを低減するには、100℃以下、より好ましくは80℃以下にすることが、推奨される。一方、予熱温度が75℃未満になると、溶着金属に割れが発生し易くなるため、75℃を下限とする。

【0032】バス間温度：100℃以上250℃以下

バス間温度は、溶着金属の硬さの範囲を決定する重要な条件の一つであり、上記範囲を逸脱して施工した場合、所要の特性を満足できない。すなわち、バス間温度が100℃未満では、溶接後の冷却速度が大きくなって硬さが目標範囲をこえてしまうため、割れが発生したり溶接金属の靱性の確保が困難になる。一方、バス間温度が250℃をこえると、溶接後の冷却速度が遅くなり、継手強度の確保が困難になる。とりわけ予熱温度の上限を100℃、より好ましくは85℃とすることが、溶接コスト削減の点で有利である。

【0033】

※【実施例】表1に示す成分組成に調整した溶鋼から、表2に示す条件に従って板厚：50mmの厚鋼板を製造した。なお、該厚鋼板における、表面から厚み方向へ板厚の1/4の深さの部分の硬さ、強度および靱性に関して調べた結果を表2に併記する。

【0035】

【表1】

(wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	N
a	0.07	0.19	1.20	0.005	0.002	0.06	0.50	2.53	0.50	0.75	0.030	0.028	0.0019	0.0035
b	0.10	0.08	0.85	0.008	0.001	0.07	0.25	3.00	0.75	0.55	0.088	0.013	0.0007	0.0033
c	0.11	0.10	0.90	0.005	0.002	0.05	0.10	2.05	1.20	0.30	0.011	0.007	0.0010	0.0040
d	0.15	0.15	0.75	0.005	0.001	0.07	0.35	1.51	0.44	0.60	0.045	0.018	0.0014	0.0026
e	0.13	0.11	0.69	0.003	0.002	0.05	0.26	1.02	0.45	0.52	0.050	0.010	0.0012	0.0032

【0036】

【表2】

記号	供試鋼	加熱温度 (°C)	980-940 °Cでの圧下量 (%)	圧延仕上げ温度 (°C)	圧延後の冷却	1回目の焼入れ温度 (°C)	2回目の焼入れ温度 (°C)	3回目の焼入れ温度 (°C)	焼もどし温度 (°C)	焼もどし後の冷却	ビッカース硬さ (HV)	TS (MPa)	vE-60°C (J)	備考
A	a	1150	24	945	空冷	930	900	—	600	空冷	312	970	190	発明例
B	b	1200	22	950	水冷	—	—	—	590	水冷	358	1000	220	
C	c	1100	35	955	空冷	950	930	900	600	水冷	321	985	240	
D	d	1150	20	955	空冷	930	—	—	590	空冷	318	975	185	
E	e	1150	33	965	水冷	880	—	—	600	水冷	340	990	230	
F	a	1150	25	950	水冷	900	—	—	560	水冷	365	1065	56	比較例
G	b	1150	28	950	空冷	930	900	870	610	水冷	305	945	190	

【0037】得られた各鋼板の中で硬さが310～360HVの範囲を満足したものについて、表3、4、5に示す溶接条件にて突き合わせの多層盛り溶接を行って継手を作製し、JIS Z 3121に準拠した引張試験によって継手強度を評価し、さらに耐割れ性の評価を、被覆アーク溶接法およびミグ溶接法については30°Cで80%雰囲気下でJIS Z 3158に準じたY形溶接割れ試験を、サブマージアーク

溶接法についてはWES3005に準じた多層盛り溶接割れ試験を、それぞれ行って評価した。さらにまた、溶接後の継手断面を観察することによって溶接施工時の割れについても評価した。その評価結果を、表3、4、5に併記する。

【0038】

【表3】

[0039]

[表4]

番号	鋼板 記号	* 溶接方法	C (%)	Ni (%)	O (%)	Ceq (%)	予熱温度 (℃)	バス間 温度 (℃)	入熱量 (kJ/cm)	溶着金 属の硬 さ(HV)	銲接金属 の靱性vE -15℃(J)	継手強度 (MPa)	施工時 割れの 有無	** 割れ性 評価	備 考
1	A	SMAW	0.07	3.2	0.035	0.62	90	125	15.2	338	85	985	無	○	適用例
2	B	"	0.05	3.1	0.038	0.65	75	150	18.5	320	90	968	無	○	
3	C	"	0.07	3.5	0.040	0.77	115	200	25.5	293	105	970	無	○	適用例
4	D	"	0.04	3.9	0.044	0.87	80	150	34.5	291	110	956	無	○	
5	E	"	0.06	3.0	0.037	0.61	110	225	30.2	315	95	955	無	○	適用例
6	F	"	0.05	4.0	0.032	0.80	75	250	17.3	332	81	980	有	×	
7	G	"	0.05	3.2	0.048	0.75	100	230	22.4	315	93	930	無	○	比較例
8	A	"	0.08	3.4	0.038	0.62	85	150	15.2	335	99	960	有	×	
9	B	"	0.05	2.5	0.040	0.65	90	200	18.5	325	25	965	無	○	比較例
10	C	"	0.05	4.8	0.044	0.77	115	150	25.5	321	88	955	有	×	
11	D	"	0.06	3.3	0.028	0.77	110	150	15.2	290	35	950	無	○	比較例
12	E	"	0.06	3.5	0.055	0.77	100	200	18.5	295	22	961	無	○	
13	A	"	0.06	3.5	0.038	0.58	75	150	25.5	270	75	935	無	○	比較例
14	B	"	0.06	3.5	0.040	0.94	80	150	15.2	300	15	966	無	○	
15	C	"	0.04	3.6	0.044	0.62	85	70	18.5	355	40	955	有	○	比較例
16	D	"	0.04	3.4	0.038	0.65	100	265	25.5	265	50	940	無	○	
17	E	"	0.04	3.2	0.040	0.77	95	200	10.2	360	26	952	有	○	比較例
18	A	"	0.04	3.8	0.044	0.77	115	200	36.8	280	28	925	無	○	

\* SMAW: 被覆アーク溶接

\*\* JIS Z3158 による割れ性評価: ○は75°C割れ無し, ×は75°Cで割れ発生



番号	鋼板 記号	* 溶接方法	C (%)	Ni (%)	O (%)	Ceq (%)	予熱温度 (°C)	バス間 温度 (°C)	入熱量 (kJ/cm)	溶着金 属の硬 さ(HV)	鉗接金属 の靱性vE -15°C(J)	継手強度 (MPa)	施工時 割れの 有無	** 割れ性 評価	備 考
19	A	MIG	0.06	3.1	0.025	0.81	75	115	15.2	320	90	970	無	○	適 合 例
20	B	"	0.04	3.2	0.022	1.19	85	155	18.5	338	85	966	無	○	
21	C	"	0.07	3.4	0.039	1.05	110	180	25.5	293	103	958	無	○	
22	D	"	0.04	3.9	0.035	0.85	115	220	29.5	291	110	967	無	○	
23	E	"	0.06	3.0	0.025	0.96	90	240	24.5	315	96	980	無	○	
24	F	"	0.05	4.0	0.032	1.15	80	210	17.3	332	87	977	有	×	比 較 例
25	G	"	0.05	3.2	0.027	0.88	75	230	22.4	315	93	940	無	○	
26	A	"	0.08	3.2	0.025	0.81	100	115	15.2	320	105	951	有	×	
27	B	"	0.06	2.6	0.022	1.19	85	155	18.5	338	27	955	無	○	
28	C	"	0.04	4.5	0.039	1.05	95	180	25.5	293	90	960	有	×	
29	D	"	0.07	3.1	0.015	1.05	90	115	15.2	301	29	968	無	○	
30	E	"	0.06	3.2	0.045	1.05	75	155	18.5	293	18	952	無	○	
31	A	"	0.04	3.4	0.025	0.77	95	180	25.5	280	89	932	無	○	
32	B	"	0.07	3.1	0.022	1.26	115	180	15.2	325	21	951	無	○	
33	C	"	0.06	3.2	0.039	0.81	100	85	18.5	340	44	960	有	○	
34	D	"	0.04	3.4	0.025	1.19	95	270	25.5	260	50	941	無	○	
35	E	"	0.07	3.4	0.022	1.05	85	180	13.5	365	43	961	有	○	
36	A	"	0.07	3.4	0.039	1.05	115	115	32.5	275	29	944	無	○	

\* MIG:ミグ溶接

\*\* JIS 23158 による割れ性評価:○は75°C割れ無し, ×は75°Cで割れ発生

番号	鋼板 記号	* 溶接方法	C (%)	Ni (%)	O (%)	Ceq (%)	予熱温度 (°C)	バス間 温度 (°C)	入熱量 (kJ/cm)	溶着金 属の硬 さ(HV)	溶接金属 の割れ性 vB -15°C(J)	継手強度 (MPa)	施工時 割れの 有無	** 割れ性 評価	備 考
37	A	SAW	0.07	3.1	0.020	0.91	90	157	25.3	310	94	960	無	○	適 合 例
38	B	"	0.03	3.3	0.016	0.95	85	170	27.5	320	99	984	無	○	
39	C	"	0.06	4.0	0.034	0.99	115	250	38.4	339	110	961	無	○	比 較 例
40	D	"	0.04	3.9	0.025	1.18	75	295	45.0	291	104	958	無	○	
41	E	"	0.06	3.2	0.021	1.12	110	225	55.0	315	96	966	無	○	比 較 例
42	F	"	0.05	4.0	0.032	0.95	75	250	42.0	325	88	980	有	×	
43	G	"	0.05	3.2	0.033	0.98	85	240	40.5	315	92	930	無	○	比 較 例
44	A	"	0.08	3.2	0.033	1.12	90	170	27.5	320	100	950	有	×	
45	B	"	0.06	2.7	0.033	0.95	115	250	38.4	339	24	954	無	○	比 較 例
46	C	"	0.04	4.4	0.033	0.98	110	295	45.0	291	99	953	有	×	
47	D	"	0.06	3.9	0.012	0.95	110	170	27.5	310	31	967	無	○	比 較 例
48	E	"	0.06	3.2	0.039	0.98	85	250	38.4	310	22	952	無	○	
49	A	"	0.04	3.9	0.034	0.87	90	295	45.0	265	89	924	無	○	比 較 例
50	B	"	0.06	3.2	0.025	1.26	90	295	27.5	320	16	951	無	○	
51	C	"	0.06	3.9	0.034	1.12	75	135	38.4	360	36	950	有	○	比 較 例
52	D	"	0.04	3.2	0.025	0.95	95	315	45.0	268	34	937	無	○	
53	E	"	0.06	3.9	0.034	0.98	100	295	23.5	355	45	960	有	○	比 較 例
54	A	"	0.06	3.2	0.025	0.98	110	170	56.5	279	28	940	無	○	

\* SAW:サブマージアーク溶接  
\*\* WBS 3005に準じた多層盛りによる割れ性評価:○は75°Cで割れ無し, ×は75°Cで割れ発生

【0041】表3, 4, 5に示す結果から明らかなように、この発明で規定する条件通りに製造された溶接継手は、その強度が950MPa以上を満足し、かつ予熱温度が120°C未満でも耐割れ性に優れること、とりわけ予熱温度が75°Cにおいても割れの発生しないこと、がわかる。

【0042】これに対して、同じ成分組成の鋼材を用いたとしても、処理方法がこの発明の条件から外れる場合、あるいは成分がこの発明の範囲から外れた場合は、

ともに所期した性能が達成できない。

【0043】

【発明の効果】この発明によれば、所定の溶接材料および鋼板を用いて適切な条件の下に溶接を行うことによって、予熱温度を低温にしても溶着金属に割れのない、かつ継手の引張り強度が950MPa以上の高強度溶接継手を安定して作製することが可能となり、産業上極めて有用な効果がもたらされる。

(10)

特開平10-263817

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

C 2 2 C 38/54

識別記号

F I

C 2 2 C 38/54